

PERBANDINGAN SPEKTRUM RESPONS DESAIN RSNI 1726:2018 DAN SNI 1726:2012 PADA 17 KOTA BESAR DI INDONESIA

Suradjin Sutjipto¹

¹Jurusan Teknik Sipil, FTSP, Universitas Trisakti, Jl. Kiyai Tapa No. 1, Jakarta
Email: suradjin@ssi-web.com

ABSTRAK

Berdasarkan Peta Gempa Indonesia 2017 dan ASCE 7-16, Rancangan Peraturan Gempa Indonesia (RSNI) 1726:2018, disusun untuk memperbaharui SNI 1726:2012 yang berlaku saat ini. Dengan mengambil sampling 17 kota besar yang mewakili seluruh wilayah Indonesia, makalah ini menyajikan perbandingan Spektrum Respons Desain dari RSNI 1726:2018 dan SNI 1726:2012 untuk memperlihatkan seberapa besar perbedaannya. Fenomena anomali yang terjadi di daerah-daerah rawan gempa, di mana nilai spektrum respons desain untuk periode pendek di kelas situs Tanah Lunak (SE) dapat lebih rendah daripada nilai untuk Tanah Sedang (SD) dan Tanah Keras (SC), diperlihatkan dan dibahas dalam kaitannya dengan penerapan Koefisien Situs F_a menurut RSNI 1726:2018.

Kata kunci: Spektrum Respons Desain, RSNI 1726:2018, SNI 1726:2012, Peta Gempa Indonesia 2017, Anomali, Koefisien Situs.

1. PENDAHULUAN

Para pelaku industri konstruksi selalu menyambut revisi peraturan gempa Indonesia dengan sangat antusias. Mereka selalu ingin segera tahu, berapa besar perbedaan beban gempanya dan apa saja perubahan ketentuan-ketentuannya yang berkaitan dengan dunia perancangan dan konstruksi. Para pengembang bangunan komersial akan segera mengambil keputusan untuk mempercepat proses perancangan dan pembangunan proyeknya bila ternyata beban gempa naik dan/atau persyaratannya lebih ketat. Sebaliknya, mereka akan menunda proyeknya sampai peraturan yang baru diberlakukan bila terlihat beban gempanya menurun.

RSNI 1726:2018, yang dicanangkan sebagai revisi peraturan gempa Indonesia SNI 1726:2012, *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung dan non gedung*, disusun berdasarkan Peta Gempa Indonesia 2017 dan ketentuan-ketentuan ASCE 7-16 yang diadopsi dengan beberapa modifikasi yang telah disesuaikan dengan kondisi Indonesia.

Makalah ini dimaksudkan sebagai “*preview*” yang memperlihatkan perbedaan spektrum respons desain menurut SNI 1726:2012 dan RSNI 1726:2018 dari 17 kota besar yang dianggap dapat mewakili seluruh wilayah Indonesia, berdasarkan data-data yang sudah terverifikasi dalam Rapat Teknis Sub-Struktur 23 Mei 2018, Jakarta.

Disamping itu, pengamatan terhadap kemungkinan terjadinya anomali di mana kondisi spektrum respons desain untuk periode pendek di kelas situs Tanah Keras (SC), Tanah Sedang (SD) dan Tanah Lunak (SE) tidak meningkat secara berurutan disajikan juga dalam makalah ini. Fenomena anomali ini terjadi di daerah-daerah yang rawan gempa dengan spektral percepatan pada periode pendek (S_S) yang relatif tinggi berkaitan dengan penerapan koefisien situs F_a yang ternyata nilainya malah menurun (terdeamplifikasi).

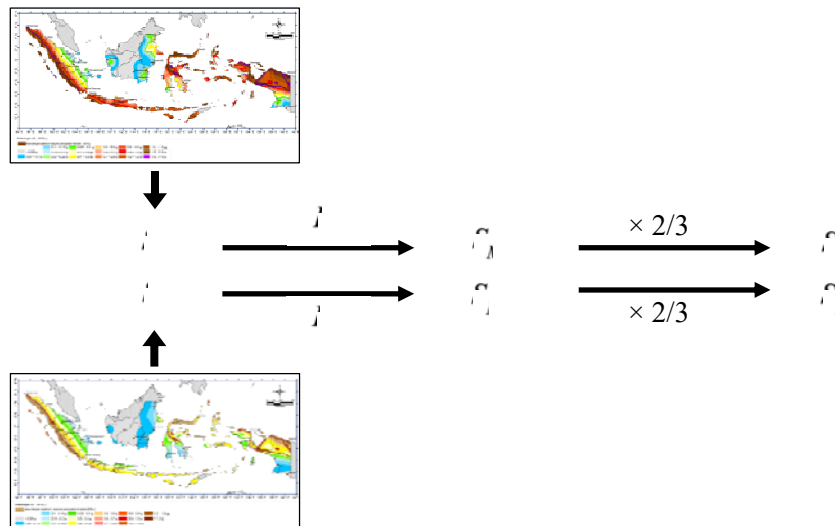
2. SPEKTRUM RESPONS DESAIN

Gambar 1 memperlihatkan ilustrasi skematik pembuatan Spektrum Respons Desain menurut RSNI 1726:2018 atau ASCE 7-16.

Pada prinsipnya, nilai percepatan respons spektral S_S dan S_1 diperoleh dari peta MCE_R untuk periode pendek (0.2 detik) dan periode 1-detik, yang kemudian dengan mengalikannya dengan faktor amplifikasi seismik F_a dan F_v menghasilkan parameter percepatan respons spektral yang sesuai dengan kelas situs tanah, yaitu S_{MS} dan S_{M1} . Nilai percepatan respons spektral desain pada periode pendek, S_{DS} , adalah 2/3 dari nilai S_{MS} , dan nilai percepatan respons spektral desain pada periode 1-detik, S_{D1} , adalah 2/3 dari nilai S_{M1} tersebut.

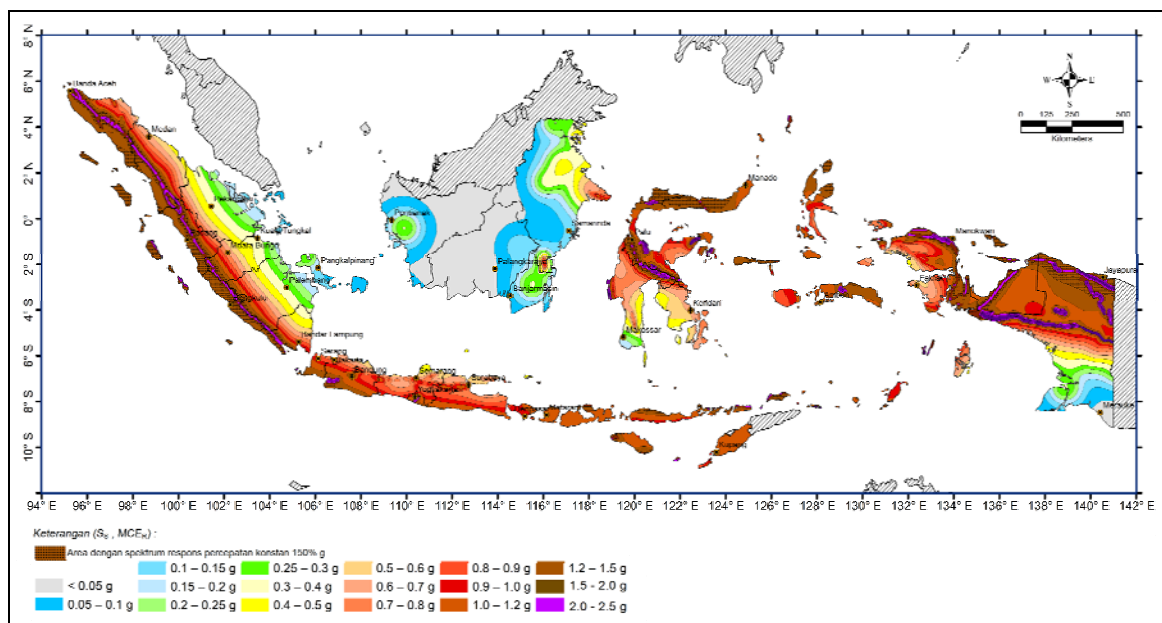
Peta percepatan spektrum respons gempa maksimum yang dipertimbangkan berbasis pada risiko (MCE_R) dengan redaman 5% dan kriteria 1% kemungkinan bangunan runtuh dalam 50 tahun, yang telah disesuaikan untuk kelas situs tanah antara SB dan SC, untuk periode pendek (0.2 detik) dan periode 1-detik menurut ASCE 7-16, seperti

yang diperlihatkan dalam Gambar 2 dan 3, dikembangkan berdasarkan peta hazard dengan probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun (periode ulang gempa 2,475 tahun) yang disusun oleh Tim Pusat Studi Gempa Nasional dalam Peta Sumber dan Bahaya Gempa Tahun 2017.

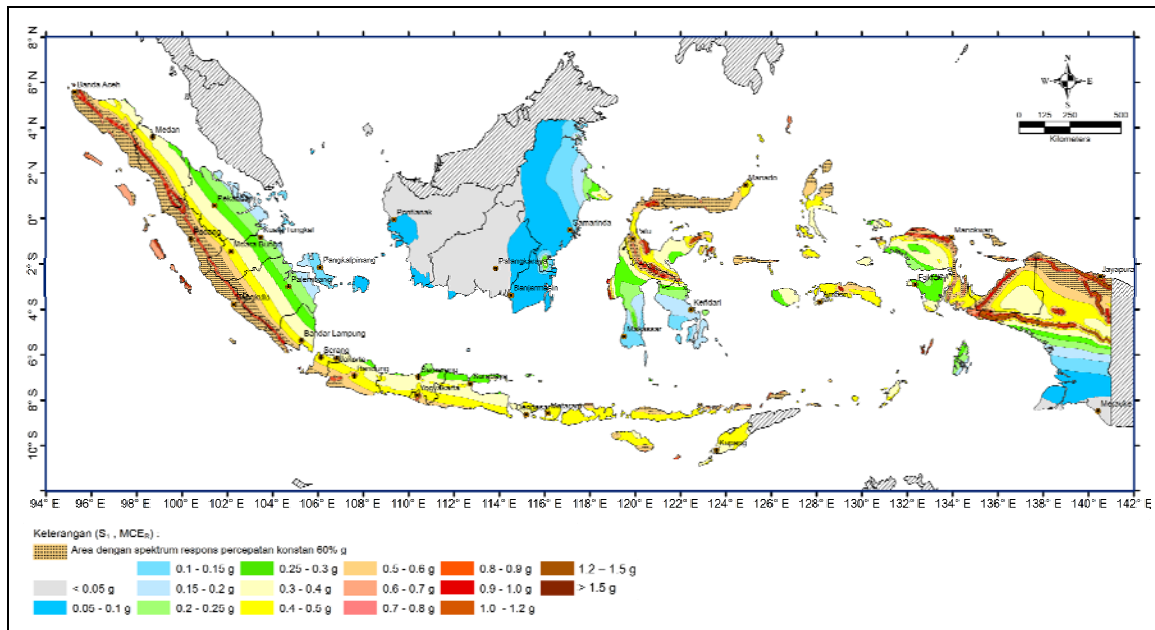


Gambar 1. Proses Pembuatan Spektrum Respons Desain.

Peta MCE_R tersebut dibuat dengan interval kerapatan grid 0.1° dan menghasilkan kurang lebih 96,000 data untuk masing-masing peta percepatan respons spektral untuk perioda pendek, S_S , dan peta percepatan respons spektral untuk perioda 1-detik, S_1 . Untuk memperoleh nilai S_S dan S_1 pada suatu koordinat lintang dan bujur tertentu, dilakukan interpolasi dari 4 titik pada grid yang terdekat. Juga seperti sebelumnya, peta MCE_R ini juga nantinya akan disempurnakan dan ditempatkan di website Puskim PU untuk secara bebas digunakan oleh masyarakat umum.



Gambar 2. Peta Percepatan Spektrum Respons 0.2 detik MCE_R (Redaman 5% - Kelas Situs Tanah SB/SC).



Gambar 3. Peta Percepatan Spektrum Respons 1-detik MCE_R (Redaman 5% - Kelas Situs Tanah SB/SC).

3. KOEFISIEN SITUS F_a DAN F_v

Seperti yang diperlihatkan dalam Tabel 1 dan Tabel 2, nilai koefisien situs (yang umumnya juga dikenal sebagai faktor amplifikasi) F_a dan F_v mengalami perubahan dalam RSNi 1726:2018 dengan mengadopsi hasil studi dari Pacific Earthquake Engineering Research (PEER) yang sedikit berbeda dengan yang ditetapkan dalam ASCE 7-16. Hal ini untuk menghindari keharusan melakukan analisis respons spesifik-situs untuk kelas situs Tanah Lunak (SE) dengan nilai percepatan respons spektral $S_s \geq 1 g$, dan nilai percepatan respons spektral $S_1 \geq 0.2 g$, seperti yang disyaratkan dalam ASCE 7-16.

Tabel 1. Koefisien Situs F_a

Kelas Situs	Parameter Percepatan Respons Spektral MCE_R pada Periode Pendek (0.2 detik)								
	$S_s \leq 0.25$			$S_s = 0.5$			$S_s = 0.75$		
	SNI 1726:2012	ASCE 7-16	PEER / RSNi 1726:2018	SNI 1726:2012	ASCE 7-16	PEER / RSNi 1726:2018	SNI 1726:2012	ASCE 7-16	PEER / RSNi 1726:2018
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1.0	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9
SC	1.2	1.3	1.3	1.2	1.3	1.3	1.1	1.2	1.2
SD	1.6	1.6	1.6	1.4	1.4	1.4	1.2	1.2	1.2
SE	2.5	2.4	2.4	1.7	1.7	1.7	1.2	1.3	1.3
SF	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs

Kelas Situs	Parameter Percepatan Respons Spektral MCE_R pada Periode Pendek (0.2 detik)								
	$S_s = 1.0$			$S_s = 1.25$			$S_s \geq 1.5$		
	SNI 1726:2012	ASCE 7-16	PEER / RSNi 1726:2018	SNI 1726:2012	ASCE 7-16	PEER / RSNi 1726:2018	SNI 1726:2012	ASCE 7-16	PEER / RSNi 1726:2018
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1.0	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9
SC	1.0	1.2	1.2	1.0	1.2	1.2	1.0	1.2	1.2
SD	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SE	0.9	Spesifik-Situs	1.1	0.9	Spesifik-Situs	0.9	0.9	Spesifik-Situs	0.8
SF	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs

Nilai koefisien F_a dan F_v yang sebelumnya dianggap sudah terlalu lama tidak diperbaharui (lebih dari 20 tahun) dan tidak sesuai lagi dengan hasil-hasil studi terbaru yang dilakukan oleh J. Stewart, dkk. (2004, 2013). Hal inilah yang menjadi dasar dari perubahan yang dianut RSNi 1726:2018.

Menurut ASCE 7-16, yang didefinisikan sebagai batuan dasar (*bed rock*) bukan lagi di kelas situs tanah SB, melainkan di antara kelas situs tanah SB dan SC. Perlu dicatat bahwa peta MCE_R yang disajikan dalam Gambar 2

dan 3 telah disesuaikan dengan kriteria ini. Berikutnya, berbeda dengan SNI 1726:2012, klasifikasi S_5 ditambah dengan " ≥ 1.5 " dan klasifikasi S_1 ditambah dengan " ≥ 0.6 ", untuk menggambarkan daerah yang amat rawan gempa yang berada dekat dengan patahan atau sumber gempa. Dapat dikatakan sangatlah bervariasi perubahan nilai F_a dan F_v ini, kebanyakan naik, namun ada sebagian yang nilainya tetap seperti sebelumnya, dan ada sebagian yang turun, terutama di daerah yang tidak rawan gempa. Terjadinya anomali di mana besarnya spektrum respons desain untuk kelas situs Tanah Keras (SC), Sedang (SD) dan Lunak (SE) tidak meningkat secara berurutan seperti pada pakem lama diakibatkan oleh fluktuasi nilai F_a ini dan akan dibahas lebih lanjut di bagian lain dalam makalah ini.

Tabel 2. Koefisien Situs F_v

Kelas Situs	Parameter Percepatan Respons Spektral MCE_R pada Periode 1-detik								
	$S_1 \leq 0.1$			$S_1 = 0.2$			$S_1 = 0.3$		
	SNI 1726:2012	ASCE 7-16	PEER / RSNI 1726:2018	SNI 1726:2012	ASCE 7-16	PEER / RSNI 1726:2018	SNI 1726:2012	ASCE 7-16	PEER / RSNI 1726:2018
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1.0	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8
SC	1.7	1.5	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
SD	2.4	2.4	2.4	2.0	2.2	2.2	1.8	2.0	2.0
SE	3.5	4.2	4.2	3.2	Spesifik-Situs	3.3	2.8	Spesifik-Situs	2.8
SF	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs

Kelas Situs	Parameter Percepatan Respons Spektral MCE_R pada Periode 1-detik								
	$S_1 = 0.4$			$S_1 = 0.5$			$S_1 \geq 0.6$		
	SNI 1726:2012	ASCE 7-16	PEER / RSNI 1726:2018	SNI 1726:2012	ASCE 7-16	PEER / RSNI 1726:2018	SNI 1726:2012	ASCE 7-16	PEER / RSNI 1726:2018
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1.0	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8
SC	1.4	1.5	1.5	1.3	1.5	1.5	1.3	1.4	1.4
SD	1.6	1.9	1.9	1.5	1.8	1.8	1.5	1.7	1.7
SE	2.4	Spesifik-Situs	2.4	2.4	Spesifik-Situs	2.2	2.4	Spesifik-Situs	2.0
SF	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs	Spesifik-Situs

4. SPEKTRUM RESPONS DESAIN 17 KOTA BESAR DI INDONESIA

Untuk melihat perbandingan spektrum respons desain dari SNI 1726:2012 dan RSNI 1726:2018 dipilihlah 17 kota besar yang dianggap dapat mewakili seluruh wilayah Indonesia dari Barat sampai ke Timur, dan dari Utara sampai ke Selatan sebagai sampling.

Perbandingan nilai spektrum desain pada batuan dasar di 17 kota besar tersebut diperlihatkan dalam Tabel 3. Nilai-nilai S_5 dan S_1 yang berasal dari peta MCE_R RSNI 1726:2018 telah diverifikasi oleh Prof. Masyhur Irsyad dalam Rapat Teknis Sub-Struktur 23 Mei 2018 di Jakarta, dari hasil studi Prof. Wayan Sengara, Dr. Asrurifak dan Dr. Windu Partono yang dilakukan secara terpisah.

Tabel 3. Parameter Percepatan Respons Spektral Periode Pendek dan Periode 1-detik berdasarkan peta MCE_R untuk 17 Kota Besar di Indonesia.

NO.	KOTA	KOORDINAT		S_5			S_1		
		LINTANG	BUJUR	SNI 1726:2012	RSNI 1726:2018	RASIO	SNI 1726:2012	RSNI 1726:2018	RASIO
1	Ambon	-3.6554	128.1908	1.380	1.085	0.79	0.490	0.393	0.80
2	Balikpapan	-1.2379	116.8529	0.235	0.123	0.52	0.082	0.083	1.01
3	Banda Aceh	5.5483	95.3238	1.349	1.510	1.12	0.642	0.600	0.93
4	Bandung	-6.9175	107.6191	1.450	1.176	0.81	0.486	0.510	1.05
5	Denpasar	-8.6705	115.2126	0.977	0.984	1.01	0.360	0.397	1.10
6	Jakarta	-6.1751	106.8650	0.664	0.779	1.17	0.293	0.379	1.29
7	Jayapura	-2.5916	140.6690	1.500	1.500	1.00	0.600	0.600	1.00
8	Kupang	-10.1772	123.6070	1.113	1.049	0.94	0.296	0.380	1.28
9	Makassar	-5.1477	119.4327	0.317	0.222	0.70	0.142	0.112	0.79
10	Manado	1.4748	124.8421	1.035	1.052	1.02	0.442	0.470	1.06
11	Manokwari	-0.8615	134.0620	1.454	1.500	1.03	0.561	0.600	1.07
12	Medan	3.5952	98.6722	0.526	0.652	1.24	0.332	0.360	1.08
13	Padang	-0.9471	100.4172	1.398	1.481	1.06	0.600	0.600	1.00
14	Palembang	-2.9761	104.7754	0.262	0.292	1.11	0.164	0.248	1.51
15	Pontianak	-0.0263	109.3425	0.017	0.113	6.65	0.022	0.047	2.14
16	Semarang	-7.0051	110.4381	1.098	0.880	0.80	0.364	0.379	1.04
17	Surabaya	-7.2575	112.7521	0.663	0.710	1.07	0.247	0.315	1.28

Dari pengamatan pada Tabel 3, dibandingkan dengan nilai spektrum respons desain perioda pendek menurut SNI 1726:2012, nilai spektrum respons desain perioda pendek menurut RSNI 1726:2018 di sepuluh kota, yaitu: Banda Aceh, Denpasar, Jakarta, Manado, Manokwari, Medan, Padang, Palembang, Pontianak dan Surabaya, mengalami kenaikan dengan rasio antara 1.01 – 6.65; satu kota, yaitu Jayapura, tidak mengalami perubahan; dan enam kota, yaitu Ambon, Balikpapan, Bandung, Kupang, Makassar dan Semarang, ternyata malah mengalami penurunan dengan rasio berkisar antara 0.52 – 0.94.

Nilai spektrum respons desain perioda 1-detik menurut RSNI 1726:2018 di dua belas kota mengalami kenaikan dengan rasio berkisar antara 1.01 – 2.14, yaitu: Balikpapan, Bandung, Denpasar, Jakarta, Kupang, Manado, Manokwari, Medan, Palembang, Pontianak, Semarang dan Surabaya; dua kota, Jayapura dan Padang, tidak mengalami perubahan; dan tiga kota, Ambon, Banda Aceh dan Makassar, mengalami penurunan dengan rasio antara 0.79 – 0.93, dibandingkan dengan nilai spektrum respons desain perioda 1-detik menurut SNI 1726:2012.

Tabel 4 dan Tabel 5 menyajikan perbandingan nilai spektrum respons desain untuk kategori kelas situs Tanah Keras (SC), Sedang (SD) dan Lunak (SE) di 17 kota besar di Indonesia untuk perioda pendek (0.2 detik), S_{DS} , dan untuk perioda 1-detik, S_{D1} .

Tabel 4. Spektrum Respons Desain Perioda Pendek (S_{DS}) 17 Kota Besar di Indonesia.

NO.	KOTA	S_{DS}									ANOMALI		
		TANAH KERAS (SC)			TANAH SEDANG (SD)			TANAH LUNAK (SE)			1	2	3
		SNI 1726:2012	RSNI 1726:2018	RASIO	SNI 1726:2012	RSNI 1726:2018	RASIO	SNI 1726:2012	RSNI 1726:2018	RASIO	SD < SC < SE	SD < SE < SC	SE < SD < SC
1	Ambon	0.920	0.868	0.94	0.920	0.771	0.84	0.828	0.746	0.90			•
2	Balikpapan	0.188	0.107	0.57	0.251	0.131	0.52	0.392	0.197	0.50			
3	Banda Aceh	0.899	1.208	1.34	0.899	1.007	1.12	0.809	0.805	0.99			•
4	Bandung	0.967	0.941	0.97	0.967	0.807	0.84	0.870	0.752	0.86			•
5	Denpasar	0.657	0.787	1.20	0.722	0.726	1.00	0.604	0.730	1.21		•	
6	Jakarta	0.502	0.623	1.24	0.562	0.617	1.10	0.607	0.663	1.09	•		
7	Jayapura	1.000	1.200	1.20	1.000	1.000	1.00	0.900	0.800	0.89			•
8	Kupang	0.742	0.839	1.13	0.783	0.756	0.97	0.668	0.742	1.11			•
9	Makassar	0.254	0.192	0.76	0.327	0.237	0.72	0.483	0.355	0.74			
10	Manado	0.690	0.842	1.22	0.749	0.757	1.01	0.621	0.742	1.20			•
11	Manokwari	0.969	1.200	1.24	0.969	1.000	1.03	0.872	0.800	0.92			•
12	Medan	0.417	0.539	1.29	0.484	0.556	1.15	0.578	0.633	1.10			
13	Padang	0.932	1.185	1.27	0.932	0.987	1.06	0.839	0.797	0.95			•
14	Palembang	0.210	0.253	1.21	0.278	0.305	1.10	0.430	0.444	1.03			
15	Pontianak	0.014	0.098	7.20	0.018	0.121	6.65	0.028	0.181	6.38			
16	Semarang	0.732	0.704	0.96	0.777	0.673	0.87	0.659	0.702	1.07		•	
17	Surabaya	0.502	0.576	1.15	0.561	0.583	1.04	0.607	0.646	1.06			

Sesuai dengan nilai koefisien situs F_a yang baru, untuk nilai S_{DS} di kelas situs Tanah Keras (SC), 12 kota mengalami kenaikan dengan rasio 1.13 – 7.20, dan 5 kota mengalami penurunan dengan rasio berkisar antara 0.57 – 0.97. Di kelas situs Tanah Sedang (SD), 9 kota mengalami kenaikan dengan rasio 1.01 – 6.65, 2 kota tidak mengalami perubahan, dan 6 kota mengalami penurunan dengan rasio 0.52 – 0.97. Di kelas situs Tanah Lunak (SE), 9 kota mengalami kenaikan dengan rasio 1.03 – 6.38, dan 8 kota mengalami penurunan dengan rasio 0.50 – 0.99.

Tabel 5. Spektrum Respons Desain Perioda 1-detik (S_{D1}) 17 Kota Besar di Indonesia.

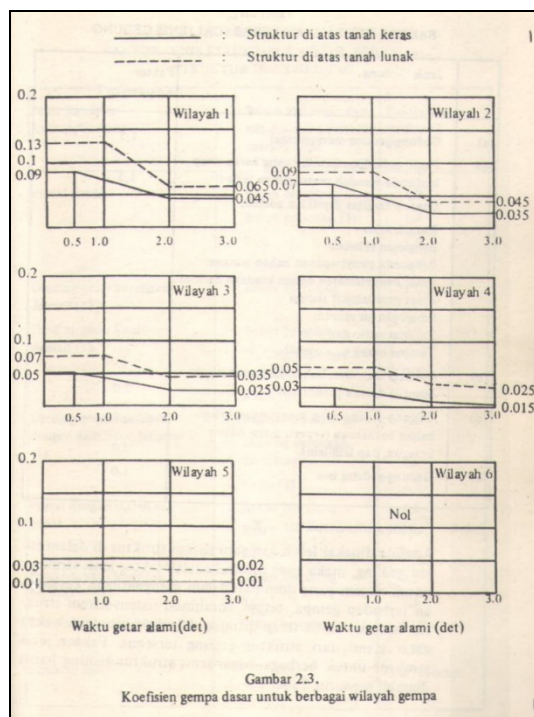
NO.	KOTA	S_{D1}								
		TANAH KERAS (SC)			TANAH SEDANG (SD)			TANAH LUNAK (SE)		
		SNI 1726:2012	RSNI 1726:2018	RASIO	SNI 1726:2012	RSNI 1726:2018	RASIO	SNI 1726:2012	RSNI 1726:2018	RASIO
1	Ambon	0.428	0.393	0.92	0.493	0.500	1.01	0.784	0.636	0.81
2	Balikpapan	0.093	0.083	0.89	0.131	0.133	1.01	0.191	0.232	1.21
3	Banda Aceh	0.556	0.560	1.01	0.642	0.680	1.06	1.027	0.800	0.78
4	Bandung	0.426	0.507	1.19	0.491	0.609	1.24	0.778	0.741	0.95
5	Denpasar	0.346	0.397	1.15	0.403	0.504	1.25	0.614	0.638	1.04
6	Jakarta	0.294	0.379	1.29	0.354	0.485	1.37	0.552	0.628	1.14
7	Jayapura	0.520	0.560	1.08	0.600	0.680	1.13	0.960	0.800	0.83
8	Kupang	0.297	0.380	1.28	0.357	0.486	1.36	0.556	0.628	1.13
9	Makassar	0.157	0.112	0.71	0.211	0.177	0.84	0.319	0.306	0.96
10	Manado	0.400	0.470	1.17	0.459	0.573	1.25	0.707	0.708	1.00
11	Manokwari	0.486	0.560	1.15	0.561	0.680	1.21	0.898	0.800	0.89
12	Medan	0.325	0.360	1.11	0.384	0.466	1.21	0.591	0.614	1.04
13	Padang	0.520	0.560	1.08	0.600	0.680	1.13	0.960	0.800	0.83
14	Palembang	0.179	0.248	1.39	0.234	0.348	1.48	0.362	0.506	1.40
15	Pontianak	0.025	0.047	1.89	0.035	0.075	2.14	0.051	0.132	2.56
16	Semarang	0.348	0.379	1.09	0.406	0.485	1.20	0.617	0.628	1.02
17	Surabaya	0.256	0.315	1.23	0.314	0.417	1.33	0.496	0.575	1.16

Dengan penerapan koefisien situs F_v yang baru, untuk nilai S_{D1} di kelas situs Tanah Keras (SC), 14 kota mengalami kenaikan dengan rasio antara 1.01 – 1.89, dan 3 kota mengalami penurunan dengan rasio berkisar antara 0.71 – 0.92.

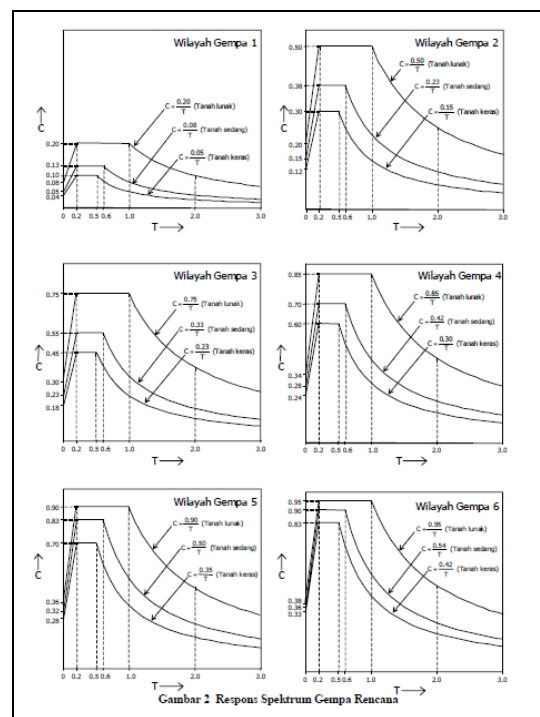
Di kelas situs Tanah Sedang (SD), 16 kota mengalami kenaikan dengan rasio antara 1.01 – 2.14, dan 1 kota mengalami penurunan dengan rasio 0.84. Di kelas situs Tanah Lunak (SE), 9 kota mengalami kenaikan dengan rasio antara 1.02 – 2.56, 1 kota tidak mengalami perubahan, dan 7 kota mengalami penurunan dengan rasio antara 0.78 – 0.96.

5. ANOMALI SPEKTRUM RESPONS DESAIN

Selama ini para Perancang Struktur dan Geoteknik Telah memiliki pola pikir yang menyatakan bahwa nilai spektrum respons desain untuk kelas situs Tanah Keras (SC), Sedang (SD) dan Lunak (SE) meningkat secara berurut. Dengan kata lain, makin lunak tanahnya, makin besar nilai spektrum respons desainnya. Seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 4, SNI 1726-1989-F dan SNI 03-1726-2002 juga menganut paham ini. Ternyata penerapan nilai koefisien situs F_a dan F_v menurut SNI 1726:2012 dan RSNI 1726:2018 telah merubah urutan tersebut sehingga kemudian disebut sebagai anomali.



SNI 1726-1989-F



SNI 03-1726-2002

Gambar 4. Spektrum Respons Desain SNI 1726-1989-F dan SNI 03-1726-2002.

Dari Tabel 4 dapat diamati bahwa spektrum respons desain periode pendek (S_{DS}) pada 17 kota terpilih dapat mengalami 4 kondisi yang dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- Normal : spektrum respons desain $SC < SD < SE$
- Anomali 1 : spektrum respons desain $SD < SC < SE$
- Anomali 2 : spektrum respons desain $SD < SE < SC$
- Anomali 3 : spektrum respons desain $SE < SD < SC$

Ada 6 kota dengan kondisi normal, yaitu: Balikpapan, Makassar, Medan, Palembang, Pontianak dan Surabaya. Satu kota dengan kondisi Anomali 1, yaitu Jakarta. Dua kota dengan kondisi Anomali 2, yaitu: Denpasar dan Semarang. Dan 8 kota dengan kondisi Anomali 3, yaitu: Ambon, Banda Aceh, Bandung, Jayapura, Kupang, Manado, Manokwari dan Padang.

Sedangkan pengamatan pada Tabel 5 menunjukkan spektrum respons desain periode 1-detik (S_{D1}) pada 17 kota terpilih tidak menunjukkan adanya anomali, yaitu kondisi spektrum respons desain $SC < SD < SE$. Namun demikian, perlulah dicatat bahwa dengan adanya persyaratan dalam RSNI 1726:2018 mengenai Geser Dasar (*Base*

Shear) minimum $V = 0.044 S_{DS} I_e W$ menurut RSNI 1726:2018, anomali pada spektrum respons design perioda pendek menjadi berpengaruh juga dalam perancangan bangunan gedung tinggi dan menengah.

6. PLOT SPEKTRUM RESPONS DESAIN 17 KOTA TERPILIH

Plot spektrum respons desain SNI 1726:2012 dan RSNI 1726:2018 dari 17 kota terpilih diperlihatkan sekaligus dalam Gambar 5 sampai dengan Gambar 7.

Spektrum respons desain RSNI 1726:2018 digambarkan oleh kurva-kurva dengan garis solid dan spektrum respons desain SNI 1726:2012 digambarkan oleh kurva-kurva dengan garis terputus-putus. Kurva berwarna hijau, kuning dan merah berturut-turut merepresentasikan kelas situs Tanah Keras (SC), Tanah Sedang (SD) dan Tanah Lunak (SE).

Plot tanpa bingkai menunjukkan kota-kota dengan kondisi Normal (spektrum respons desain $SC < SD < SE$). Plot berbingkai merah 1 mengindikasikan kota-kota dengan kondisi Anomali 1 (spektrum respons desain $SD < SC < SE$). Plot berbingkai merah 2 mengindikasikan kota-kota dengan kondisi Anomali 2 (spektrum respons desain $SD < SE < SC$). Plot berbingkai merah 3 mengindikasikan kota-kota dengan kondisi Anomali 3 (spektrum respons desain $SE < SD < SC$).

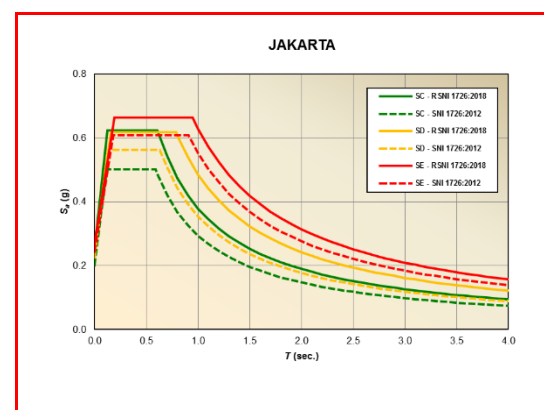
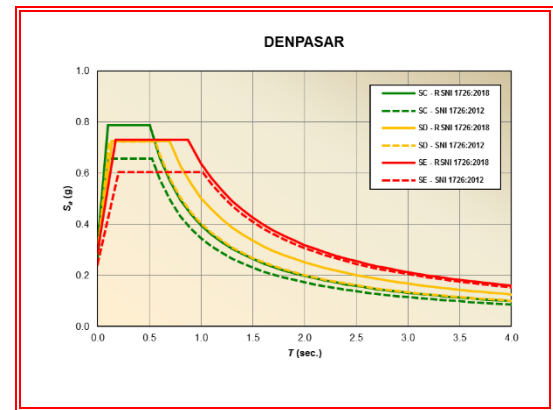
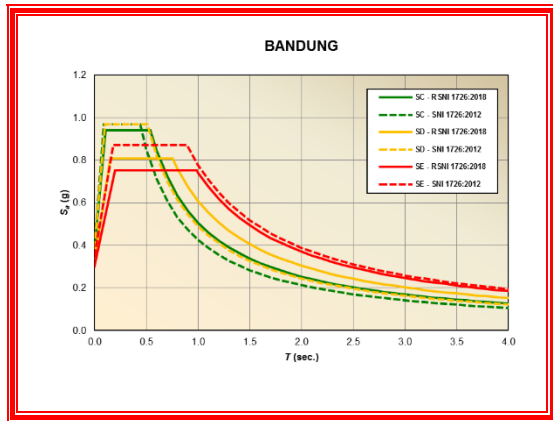
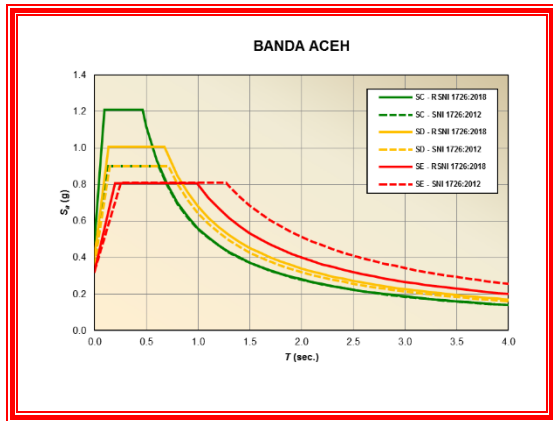
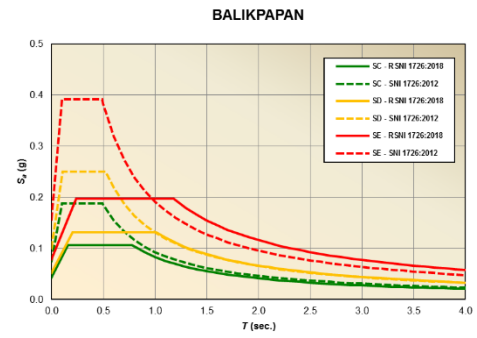
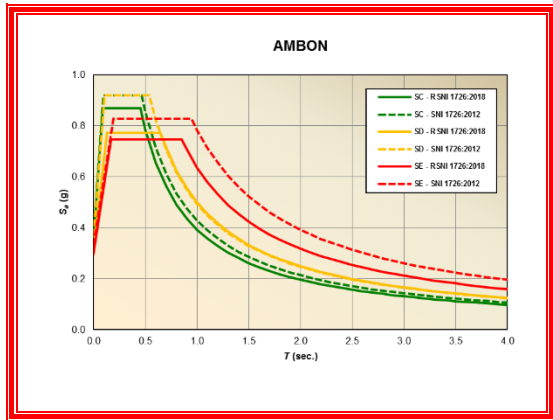
7. KESIMPULAN

Berdasarkan data-data yang dipresentasikan dalam makalah ini, dapat disimpulkan bahwa:

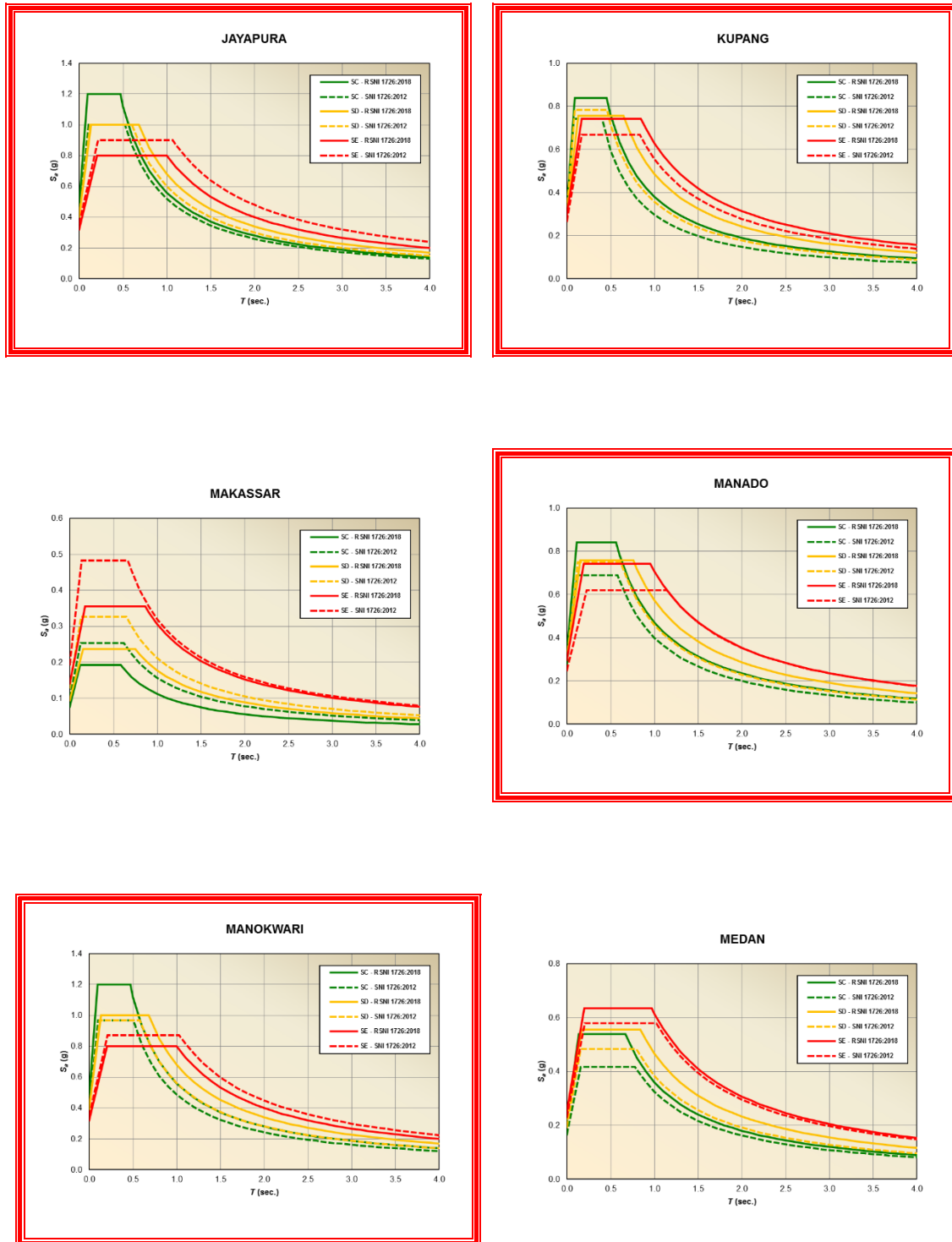
1. Spektrum Respons Desain dari 17 kota terpilih, kebanyakan mengalami kenaikan, walaupun tidak sedikit yang mengalami penurunan dan ada pula yang tetap.
2. Tiga kemungkinan kondisi anomali terjadi di kota-kota yang terletak di daerah rawan gempa dengan S_s di atas 0.75 g.
3. Meskipun anomali hanya terjadi pada respons spektral perioda pendek yang umumnya berlaku untuk bangunan bertingkat rendah, namun akibat dari persyaratan Geser Dasar Minimum haruslah diperiksa apakah dampaknya berpengaruh juga pada bangunan bertingkat tinggi dan menengah.

DAFTAR PUSTAKA

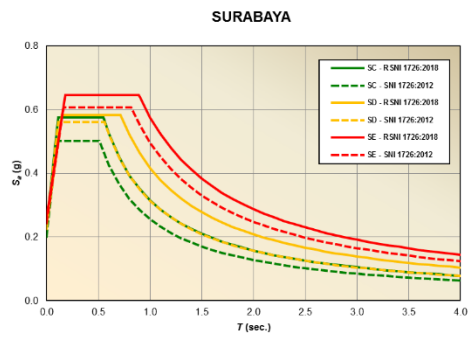
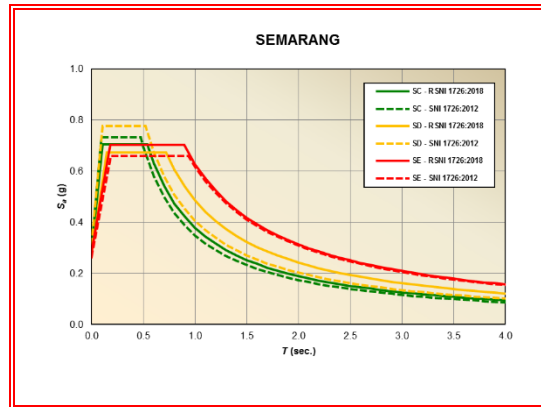
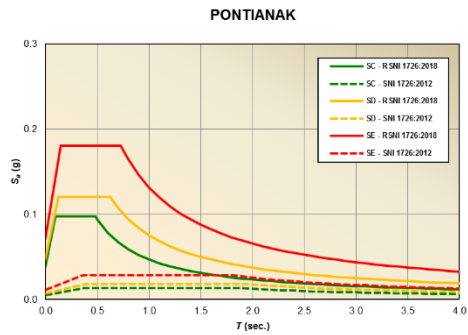
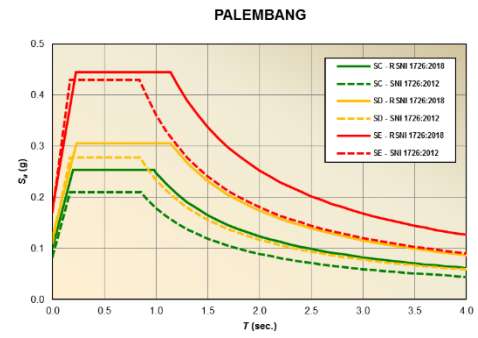
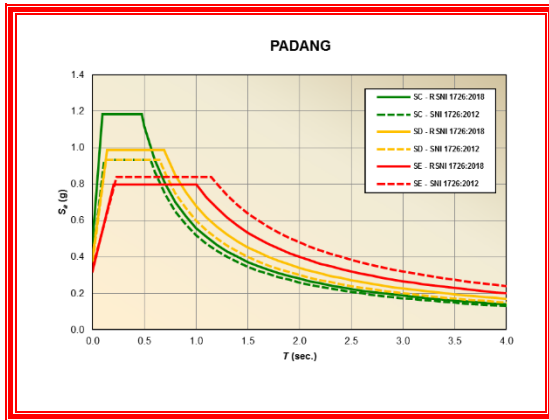
- ASCE/SEI 7-16. *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*, American Society of Civil Engineers, VA.
- Asrurifak, M. (2018). *Laporan Progres Revisi SNI 1726:2012 – Sub-Struktur*. Rapat Teknis Sub-Struktur 23 Mei 2018, Jakarta.
- Chock, G., Ghosh, S.K., O'Rourke, M., Stafford, T.E. (2018). *Significant Changes to the Minimum Design Load Provisions of ASCE 7-16*. ASCE Press, VA.
- Crouse, C.B. (2015). *Site Coefficients F_a , F_v and F_{PGA} Proposed for ASCE 7-16*. AECOM, CA.
- Irsyam, Masyhur (2018). *Materi Bahasan SNI 1726 Struktur Bawah*. Rapat Teknis Sub-Struktur 23 Mei 2018, Jakarta.
- Mohraz, B., Elghadamsi, F.E. (1989). "Earthquake Ground Motion and Response Spectra" in *The Seismic Design Handbook*, Editor: Farzad Naeim, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Partono, Windu (2018). *Pembuatan Peta MCER dan Spektra Desain 17 Kota Besar*. Rapat Teknis Sub-Struktur 23 Mei 2018, Jakarta.
- Pusat Studi Gempa Nasional (2017). *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. Pusat Litbang Perumahan dan Pemukiman, Bandung.
- Power, M., Borchardt dan Stewart, J. (2004). *Site Amplification Factors From Empirical Studies*. NGA Working Group #5, CA.
- Sengara, I W. dan Mulia, A. (2018). *Risk-Targeted Maximum Considered Earthquake and Risk Coefficient Calculation for Input to SNI 1726:2018*. Rapat Teknis Sub-Struktur 23 Mei 2018, Jakarta.
- SNI 03-1726-2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 1726-1989-F. *Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung*, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- SNI 1726:2012. *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.



Gambar 5. Spektrum Respons Desain untuk 17 Kota di Indonesia.



Gambar 6. Spektrum Respon Desain untuk 17 Kota di Indonesia (Lanjutan).



Gambar 7. Spektrum Respons Desain untuk 17 Kota di Indonesia (Lanjutan).

- Stewart, J.P. dan Seyhan, E. (2013). *Semi-Empirical Nonlinear Site Amplification and Its Application in NEHRP Site Factors*. PEERC, CA.
- Sutjipto, Suradjin (1994). "Chapter 20 - Indonesian Seismic Design Code for Building Design SNI 1726-1989-F" in *International Handbook of Earthquake Engineering – Code, Programs and Examples*, Editor: Mario Paz. Chapman & Hall, New York, 277-295.
- Sutjipto, Suradjin (2011). *Dampak Persyaratan Geser Dasar Seismik Minimum pada RSNi 03-1726-20xx terhadap Gedung Tinggi Terbangun*. Seminar HAKI 2011, Jakarta.
- Sutjipto, Suradjin (2011). *Status Gedung Tinggi Terbangun terhadap Persyaratan Geser Dasar Seismik Minimum pada RSNi 03-1726-201x*. 1st Indonesian Structural Engineering and Material Symposium, Bandung.
- Sutjipto, Suradjin (2014). *Geser Dasar Seismik Menurut SNI 1726:2012*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 8, Bandung.
- Sutjipto, Suradjin dan Sumeru, Indrawati (2015). *Anomali Spektrum Respons Desain SNI 1726:2012*. Seminar dan Pameran HAKI 2015, Jakarta.
- Sutjipto, Suradjin (2016). *An Overview of Design Response Spectra in the Indonesian Seismic Code - SNI 1726:2012*. The 3rd International Conference on Earthquake Engineering and Disaster Mitigation 2016 (ICEEDM-III 2016), Bali.